

(11)特許出願公開番号
特開2002-63580
(P2002-63580A)

(43)公開日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-リ-ト* (参考)
G 0 6 T 7/60	1 5 0	G 0 6 T 7/60	1 5 0 B 2 C 0 3 2
G 0 1 C 11/06		G 0 1 C 11/06	5 B 0 5 0
G 0 6 T 1/00	3 1 5	G 0 6 T 1/00	3 1 5 5 B 0 5 7
7/00	3 0 0	7/00	3 0 0 D 5 L 0 9 6
17/50		17/50	

審査請求 有 請求項の数 3 OL (全 11 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-251456(P2000-251456)

(22)出願日 平成12年8月22日(2000.8.22)

(71)出願人 591074161

アジア航測株式会社

東京都新宿区新宿4丁目2番18号 新宿光
風ビル

(72) 発明者 織田 和夫

東京都新宿区新宿4-2-18 新宿光風ビル アジア航測株式会社内

(72) 発明者 土居原 健

東京都新宿区新宿4-2-18 新宿光風ビル アジア航測株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外8名)

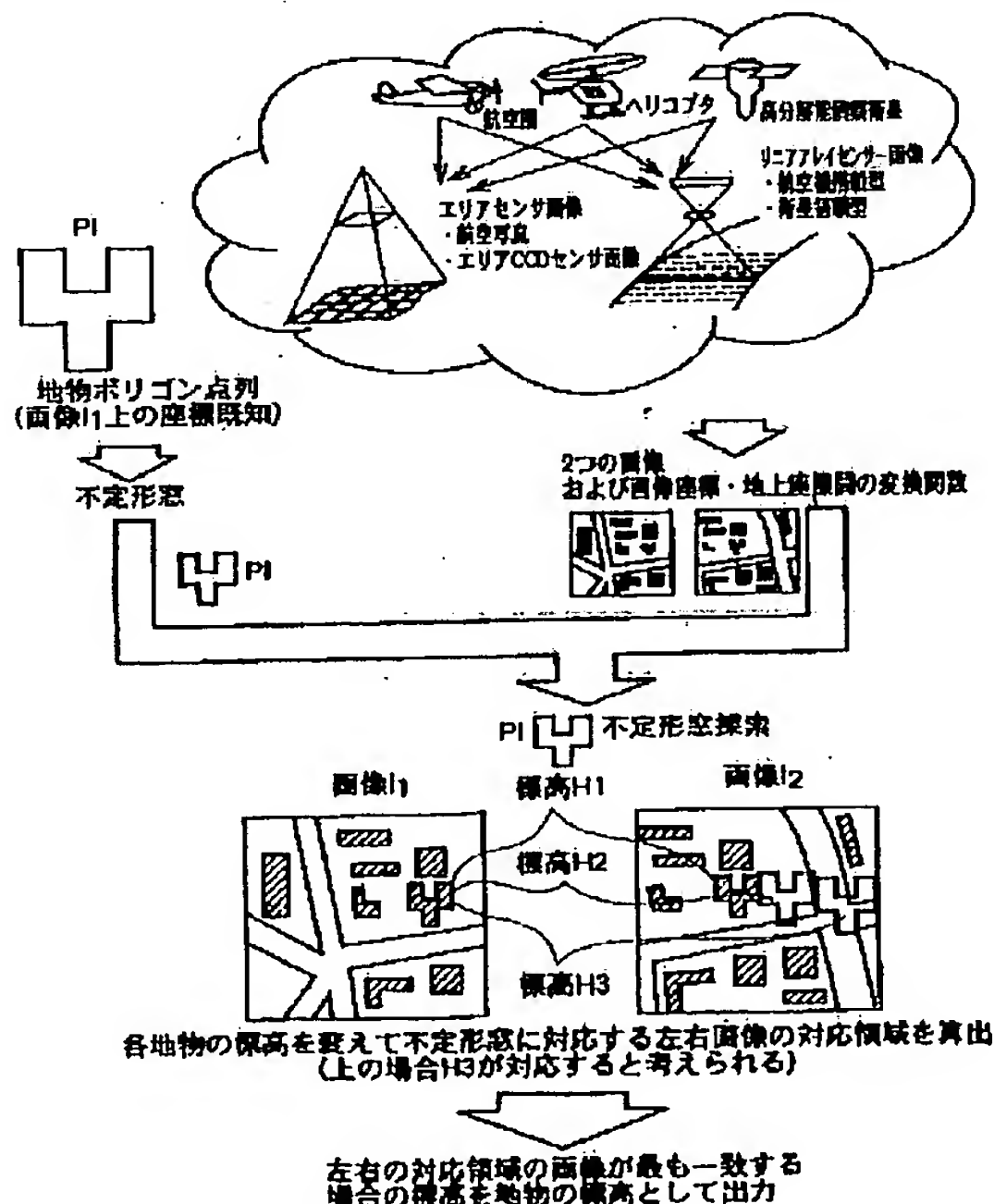
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不定形窓を用いた画像間拡張イメージマッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 互いに異なる種類の画像を用いて比較的短い期間で同一地域の3次元画像を生成して同一地域の地図を更新できる画像間拡張イメージングマッチング方法を得る。

【解決手段】 同一地域の航空写真画像、衛星写真画像、ラインスキャナ画像の中で、衛星画像（写真又はラインスキャナ画像）と航空画像（写真又はラインスキャナ）との組み合わせ又は航空画像同士若しくはスキャナ画像同士のいずれかの組み合わせ組を、コンピュータでデジタルフォーマット化してハードディスク 2 等に格納して、この衛星画像と航空画像とに対して標定作業を行う。そして、各々の画像に対して地上の 3 次元座標を各画像上の 2 次元座標に投影するための関数を決定した拡張ステレオモデル D_i に不定形窓を定義して、この不定形窓の高さを与えることによって、輝度画像 I_1 、 I_2 の地物に標高を与えて、3 次元データ化する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一地域の異なる解像度の 2 種類の画像の組み合わせを用いたイメージングマッチング方法において、

前記 2 種類の画像に対して標定作業を行って関数で関係づけた拡張ステレオモデルを生成する工程と、

前記拡張ステレオモデルの両方の画像に共通に存在する既知の地物のポリゴン点列を基準の不定形窓とする工程と、

前記不定形窓にそれぞれ高さ (z) を与えて、この高さ (z) を変化させる工程と、

前記不定形窓の高さが変化される毎に、その高さに応じた前記拡張ステレオモデルの両方の画像上における投影位置を求める工程と、

前記拡張ステレオモデルの両画像の投影位置における前記不定形窓で区切られる領域の輝度値を比較する工程と、

前記比較結果が最も近似したときの不定形窓の高さ

(z) を前記拡張ステレオモデルの両画像の地物の高さとして出力する工程と、

前記出力された高さ (z) を用いて前記地物の 3 次元座標を決定する工程とを有することを特徴とする不定形窓を用いた画像間拡張イメージングマッチング方法。

【請求項 2】 地域の地表の地理データを備え、地物の高さが求められる毎に、前記地理データから前記高さを減算して地物の比高を求める工程とを有することを特徴とする請求項 1 記載の不定形窓を用いた画像間拡張イメージングマッチング方法。

【請求項 3】 前記不定形窓に基づく画像が撮影日が新しい画像に存在しないときは、前記地物が消失していることを知らせる工程とを有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の不定形窓を用いた画像間拡張イメージングマッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 航空写真や衛星画像など、同一地域を撮像した 2 種類以上の画像を利用して、標高を持たない 2 次元的な数値地図データを 3 次元データ化（標高値を付与）したり、既成の数値地図データに記述された地物の滅失を確認する手法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の写真測量では、計測対象を同種のカメラを用いて異なる二箇所の位置（もしくはそれ以上）から撮影し、各画像上で対応点を求め、三角測量の原理に基づいて 3 次元空間内の位置を決定する作業を行う。

【0003】 この作業を自動的に行うための方法には、ステレオ画像を構成する一方の画像内の 1 点もしくは規則的な格子上に区分された領域、あるいは線構造（エッジ）に着目し、それに対応する点もしくは領域、あるい

は線構造を、もう一方の画像で探索しマッチングするステレオマッチング方法が一般的である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、この方法では、あらかじめ形状が分かっている領域が存在したとしても、例えば撮影高度、撮影日等が相違しているからその形状を探索条件とすることができない。

【0005】 そのため、この形状を拘束条件とするマッチングが行えず、効率的な標高の決定ができないことになり、結果としてその地物の 3 次元データを得ることができない。

【0006】 これは、例えば既往の数値地図データに記述された地物、例えば建物などに対して標高を与え 3 次元データ化しようとする際に、ステレオ画像によって計測された点や線を再度、データ編集しなければ 3 次元数値地図データの生成が行えないと言う問題になる。

【0007】 また、最近、高分解能商業衛星が実用化されたり、ラインスキャナを航空機に搭載しデジタル画像データを取得する試みも始まり、航空写真一種類に限らず同一地域を異なる撮像装置で画像化したデータが個別に入手される状況が広がり始めている。

【0008】 すなわち、従来の写真測量のように予めステレオの撮影を意図せず、同一地域を異なる位置から撮影した画像が個別に取得されるようになってきている。

【0009】 21 世紀に向けた情報化社会においては、地理情報システム (GIS) の普及とともに、その情報基盤となる数値地図データをタイムリーに更新してデータを維持管理することが必要となる。

【0010】 しかし、最新の数値地図をタイムリーに得ようとしても、従来のような数年に 1 回のステレオ航空写真の撮影によるデータ更新では、適時更新は困難であり、しかもコストも低減できない。

【0011】 そこで、同一地域を適時、撮像し個別に取得される多種多様な画像を用いて従来の写真測量と同等の計測を行ったり地図更新を行うといったことが有用になってくる。しかし、現実にはそのようなシステムは存在しない。

【0012】 本発明は、以上の課題を解決するためになされたもので、同一地域を撮影した 2 種類以上の多種多様な画像を用いて標高を持たない数値地図データを容易に 3 次元データ化することによって、既存の地図の更新ができる画像間拡張イメージングマッチング方法を得ることを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】 本発明は、同一地域の異なる解像度の 2 種類の画像の組み合わせを用いたイメージングマッチング方法において、前記 2 種類の画像に対して標定作業を行って関数で関係づけた拡張ステレオモデルを生成する工程と、前記拡張ステレオモデルの両方の画像に共通に存在する既知の地物のポリゴン点列を基

準の不定形窓とする工程と、前記不定形窓にそれぞれ高さ(z)を与えて、この高さ(z)を変化させる工程と、前記不定形窓の高さが変化される毎に、その高さに応じた前記拡張ステレオモデルの両方の画像上における投影位置を求める工程と、前記拡張ステレオモデルの両画像の投影位置における前記不定形窓で区切られる領域の輝度値を比較する工程と、前記比較結果が最も近似したときの不定形窓の高さ(z)を前記拡張ステレオモデルの両画像の地物の高さとして出力する工程と、前記出力された高さ(z)を用いて前記地物の3次元座標を決定する工程とを備えたことを要旨とする。

【0014】

【発明の実施の形態】<実施の形態1>本実施の形態1では、図1に示すように、航空機(ヘリコプタを含む)及び衛星で取得した同一地域の航空写真画像、衛星写真画像、ラインスキャナ画像の内の任意の組み合わせ〔衛星画像(写真又はラインスキャナ画像)と航空画像(写真又はラインスキャナ)との組み合わせ又は異なる高度の航空写真同士の組み合わせ若しくは異なる高度のスキャナ画像の組み合わせ等の組み合わせを含む〕を、コンピュータでデジタルフォーマット化してハードディスク等に格納して、この2つの解像度を合わせ(撮影高度、縮尺に基づく)、これらの画像に対して標定作業を行う。

【0015】そして、各々の画像に対して地上の3次元座標を各画像上の2次元座標に投影するための関数を決定する。このように地上の3次元座標を各々の画像座標に投影する関数によって2つの画像が関係づけられた画像の組み合わせを拡張ステレオモデルDi(輝度画像I1、輝度画像I2)と呼ぶことにする。

【0016】このような拡張ステレオモデルDiを用いると、例えば、標高値を持たず2次元的に記述された既往の数値地図上の地物に標高を与え、3次元データ化することができる。

【0017】すなわち、標高を求めたい任意の形状をした地物Bu(既知)を閉領域の基準の不定形窓P1(ポリゴン列)とし、これが任意の標高地(高さ方向)をもつように定める。

【0018】そして、この不定形窓P1の高さを変化させながら輝度画像I1、輝度画像I2に前述の関数を用いて輝度画像I1、I2上の位置を求め、この位置における不定形窓P1を投影したときの輝度画像I1、I2における輝度値を比較し、評価関数によって最も一致(近似)したと判定されたときの不定形的P1の高さ(標高値H)をその輝度画像における地物の高さとして決定する。図1では標高値がH3のときに最も一致しているとした例である。

【0019】また、図1では、理解を容易にするために、不定形窓P1の高さを変化させて輝度画像I1、I2に投影したときの不定形窓P1の形状を変えて示して

いる。

【0020】<実施の形態2>また、地図更新において地図にない新築建物などを3次元データとして追加する場合がある。この場合、従来の方法では、オペレータがステレオ観測しながら3次元データ化しなければならないが、異なる種類の画像の組み合わせではオペレータはステレオ観測ができないし、そのようなシステムも存在しない。

【0021】しかし、拡張ステレオモデルDiを用いると、この拡張ステレオモデルDiは輝度画像I1と輝度画像I2とが関数によって関係づけられているので、図2に示すように、例えば航空機によって得た輝度画像I1を画面に表示し、この画像上でマウス操作等で地物Buの輪郭に相当する閉領域B1を与える。そして、この閉領域に投影が一致する位置に不定形窓P1hを発生させ、標高H(z)を変化させる。

【0022】例えば30m、80m、150mの順に標高を変化させると、30m、80m、150mと変化したときの輝度画像I1、I2における不定形窓P1hの輝度画像I1、I2の投影位置をその都度求めながら、この位置における不定形窓P1hを投影したときの輝度画像I1、I2における輝度値を比較し、評価関数によって最も一致(近似)したと判定されるときに不定形的P1hの高さ(標高値H)をその輝度画像における地物の高さとして決定する。従って、地物Buの3次元座標を推定することができている。

【0023】また、図2では、理解を容易にするために、不定形窓P1hの高さを変化させて輝度画像I1、I2に投影したときの不定形窓P1hの形状を変えて示している。

【0024】つまり、実施の実施の形態1及び実施の形態2では図3に示すように、前述の組み合わせの画像同士を関数で関係させた拡張ステレオモデルの輝度画像I1、I2において、共通に写っている地物Buから得た不定形窓P1hの高さを変化させることによって、輝度画像I1、I2における投影位置を求め、この投影位置における不定形窓で区切られる輝度値の評価関数の一致(近似)で地物Buの高さを推定している。

【0025】<実施の形態3>また、数値地形モデルが利用できる場合は、図4に示すように、地物位置での標高を地物標高zから引くことにより、地物の比高も得る。これによって、正確な建物の高さを得ることができる。

【0026】更に、例えば既往の数値地図に記述された建物に着目するとする。この比高が0に近い値に決定されたとすると、建物が滅失したものとして推定することができる。既に3次元座標が付与された建物についても、新規に撮影された画像と旧画像とで地物が投影される位置の画像を比較することにより、地物の滅失や変更を推定することもできる。

【0027】次に、上記実施の形態1、2、3の具体例を以下に説明する。図5は、本発明の地物の標高および比高の推定方法の構成図である。図6は図5の標高探索部の概略構成図である。

【0028】例えば、デジタル画像入力部1は、2つの画像をデジタル画像の形で画像処理装置であるコンピュータのハードディスク2等に格納する。このとき、航空写真のようにフィルムや印画紙として供給される画像の場合は、スキャナで読み取り、A/D変換部によってデジタル画像に変換する。この変換した2つの写真のデジタル画像のピクセル座標 ($x_1 \text{ pix}$, $y_1 \text{ pix}$) および ($x_2 \text{ pix}$, $y_2 \text{ pix}$) における画像輝度を $I_1(x_1 \text{ pix}, y_1 \text{ pix})$ および $I_2(x_2 \text{ pix}, y_2 \text{ pix})$ とする。

【0029】また、前述のハードディスク2には、拡張ステレオモデル撮影時の対地高度Hと、画像間の撮影位置間隔(基線長B)と、2つの画像の1ピクセルに対応する地上解像度平均Dと、既知の建物のポリゴン(不定

$$x_1 \text{ pix} = FX1(x, y, z) \quad \text{式(1)}$$

$$y_1 \text{ pix} = FY1(x, y, z) \quad \text{式(2)}$$

$$x_2 \text{ pix} = FX2(x, y, z) \quad \text{式(3)}$$

$$y_2 \text{ pix} = FY2(x, y, z) \quad \text{式(4)}$$

また、 $z = \text{一定}$ として式(1)、式(2)を解析的又は手続的に解くと、各画像上の点がある標高 z にあると仮定した時の地上での x 座標と y 座標を求めることができ

$$x = GX1(x_1 \text{ pix}, y_1 \text{ pix}, z) \quad \text{式(5)}$$

$$y = GY1(x_1 \text{ pix}, y_1 \text{ pix}, z) \quad \text{式(6)}$$

同様に式(3)、式(4)について解くと、

$$x = GX2(x_2 \text{ pix}, y_2 \text{ pix}, z) \quad \text{式(7)}$$

$$y = GY2(x_2 \text{ pix}, y_2 \text{ pix}, z) \quad \text{式(8)}$$

である。

【0034】航空写真やエリアCCDセンサの様なエリアセンサ画像の場合については、関数 $FX1(x, y, z)$ 、 $FY1(x, y, z)$ 、 $FX2(x, y, z)$ 、 $FY2(x, y, z)$ の詳細を図7に記述する。

【0035】なお標定作業の方法については既存の方法を用いるものとする。例えばエリアCCDセンサの場合は文献[1]、リニア型中心投影センサについては文献[2]に詳しく記述されている。

【0036】[1] 日本写真測量学会：解析写真測量改訂版、1989。「2」内田修：ステレオ衛星画像を用

$$p_r = {}^t [x_r \quad y_r \quad z_r] = R(T)(R - P_0) \quad \text{式(22)}$$

ここで、 $R(T)$ は、次の式で定義される回転行列である。

形窓)等が記憶されている。

【0030】次に、標定要素算出部3は、2つの輝度画像11、12について、地上の3次元座標が投影される各画像の画像座標算出のための座標変換関数 FX 、逆座標変換関数関数 GX (総称して標定情報ともいう)を決定する。これは航空写真測量において標定作業と呼ばれているものにあたる。標定作業の方法や求めるパラメータは画像センサ(例えばエリアセンサとリニアアレイセンサ)によって異なるが、最終的には、3次元空間内の点(x, y, z)が投影される左右画像のピクセル座標($x_1 \text{ pix}$, $y_1 \text{ pix}$)および($x_2 \text{ pix}$, $y_2 \text{ pix}$)を計算する関数を決定できる。

【0031】つまり、次の4つの座標変換関数 $FX1(x, y, z)$ 、 $FY1(x, y, z)$ 、 $FX2(x, y, z)$ 、 $FY2(x, y, z)$ を解析的、もしくは手続的に決定できる。

【0032】

る。

【0033】

いた3次元計測の自動化に関する研究、1989。

【0037】また、図7における例えばエリアセンサ画像の座標変換関数は、中心投影画像の投影中心の座標を $P_0 = {}^t [X_0 \quad Y_0 \quad Z_0]$ 、カメラの地上座標に対する回転角を $T = {}^t [\omega \quad \phi \quad \kappa]$ 、これらを合わせたもの(外部標定要素)を $E = {}^t [tT \quad tP_0]$ とする(左肩の t は転置行列もしくは転置ベクトルを示す)。このとき、地上座標 $P = {}^t [x \quad y \quad z]$ はカメラ座標系(投影中心に相対的な3次元座標系) p_r で次のように表現される。

【0038】

【0039】

【数1】

7

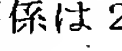
8

$$R(T) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

式(23)


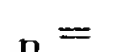


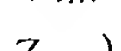

また、Pが投影される写真座標（投影中心の像（主点）を原点とする2次元座標） $p(P, E) = {}^t [x \ y]$ は次の式で表わされる。

$$p(P, E) = {}^t \left[-\frac{cx_r}{z_r} \quad -\frac{cy_r}{z_r} \right] \quad \text{式(24)}$$

ここでcは航空写真の焦点距離である。式(24)は、カメラの外部標定要素と地上点の3次元座標がわかれば、それに対応する写真座標がわかることを意味する。写真座標pは、物理的にフィルム面やCCD素子の上の実寸の座標であるが、フィルムを読みとる際のスキヤナのひずみや非線形やCCD素子の配置誤差が無視できるとすれば、画像座標との関係は2次元の射影変換Hinで表すことができる。以上より、EおよびHinを知ることができれば、地上点の3次元座標から画像座標に変換することが可能となり、4つの座標変換関数FX1(x, y, z)、FY1(x, y, z)、FX2(x,

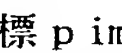
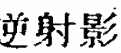
【0040】
【数2】

y, z)、FY2(x, y, z)が求められたこととなる。

【0041】また、写真座標 = (x, y)であるとする、これはカメラ座標では = (x, y, -c)である。これにより、 = (x, y)に写っている点の標高があるとすると、この点の地上座標系における3次元座標 = (X, Y, )は次の式で与えられる。

【0042】
【数3】


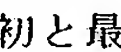





$$P_p = R(T)^{-1} \cdot P_{rp} \times \frac{(Z_p - Z_0)}{-c} + P_0 \quad \text{式(25)}$$

画像座標に逆射影変換を行った後、式










(25)を適用すれば、 $Z = Z_p$ の拘束の元で画像座標から3次元座標への変換を行うことができる。つまり、座標変換関数GX1(x, y, z)、GY1(x, y, z)、GX2(x, y, z)、GY2(x, y, z)を求めることができる。


【0043】一方、数値地図入力部4は、既存の数値地図を入力する。この数値地図は地物（たとえば建物データ）をベクター形式（座標点列データ）で保持しているものとする。数値地図が画像データの場合は、ラスター／ベクター変換によりベクター形式に直す。

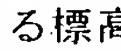
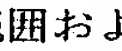
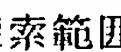
【0044】次に、処理対象地物データ抽出部5は、オペレータによる指示に従って数値地図データより、標高付けの対象となる地物データを抽出する。数値地図では一般に対象の種類（建物・道路等）の違いがコード付けされているので、抽出の際は対象となるコードの図形のみを抽出すればよい。


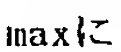
【0045】そして、抽出した地物をポリゴン点列（閉多角形、一般に最初と最後が同じ点となる点列（, , ..., , ）で表される）に変換する。このとき、対象とする地物が建物データの場合は普通ポリゴン点列になっているものが多いので問題はない。ポリゴン点列になっていない地物の場合は、CADソフト等で編集してあらかじめポリゴン点列化し

ておく。

【0046】また、画像上地物計測部6は、拡張ステレオモデルの画像上に建物等の地物があるが、数値地図データに対象とする地物形状が記述されていない場合には、拡張ステレオ画像（輝度画像、）のどちらかを画面に表示し、その上でマウス操作により地物形状を入力する。この場合、地物形状はポリゴン点列とし、画像座標を列挙した閉図形（不定形窓）として入力する。例えば、図2においては、輝度画像からを選択し、このの不定形窓を得る。

【0047】次に、標高探索部7は、標高の探索では、画像上地物計測部6で得られた各地物ポリゴン点列（ $i = 1, \dots, n_i$ ）について、以下の処理を繰り返す。

【0048】標高探索部7における標高探索範囲および探索間隔設定部7aは、標高の探索範囲（, ）および探索間隔を設定する。

【0049】このには、その地域の地表面の標高もしくはそれより小さい値を、にはその地図の建物階数等から予想される地物の最大標高もしくはそれ以上の値を与える。

【0050】地形モデル（国土地理院発行の数値地図50mメッシュ（標高）など）が利用できる場合は各地物位置での地表面の標高を推定することができる。

【0051】また、利用できない場合は、すべての地物について適当に同じHminとHmaxを設定すればよい。またdzには、拡張ステレオモデルから測定される高さ方向の解像度を与えればよい。

【0052】たとえば、各画像間の撮影位置間隔（基線

$$dH = D \times \left[\frac{B}{H} \right]$$

またこの時、探索標高群H_kを次のように定義する。

$$H_k = H_{\min} + dH \times k \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n_k) \quad \text{式(10)}$$

ただし、n_kはH_k ≤ H_{max}となる最大のkである。

【0055】そして、不定形窓定義部7bは、地物データのそれぞれのポリゴン点列の内部をステレオマッチングの際の不定形窓として定義する。具体的には、図8に示すように、地物ポリゴン点列内に等間隔のメッシュ(dx、dy)を発生させ、これを不定形窓P1_iとする。

【0056】この処理は、ポリゴン点列P1_iが数値地図（座標が地上座標）から得られたか、それとも画像上の計測結果（座標が画像座標）から得られたかによって20 処理が異なる。

【0057】・数値地図から得られたポリゴン点列の時地物データが数値地図起源の時は、図8に示すように、

$$MP_i = P1_{in_i} \cap M(o_x, o_y, dx, dy) \quad \text{式(11)}$$

このようにして得た不定形窓P1_iを用いて、例えば図1では、不定形窓P1の高さを変化させ輝度画像I1、輝度画像I2の投影位置を求め、この投影位置における両方の画像の輝度値を比較する。

【0061】そして、輝度値の評価関数が最も一致（近似）したときの標高値Hを地物B1、B2の標高値zと30 決定する。

【0062】・画像上の計測結果から得られたポリゴン

$$X_j = GX1(p_x_j, p_y_j, H_k) \quad \text{式(12)}$$

$$Y_j = GY1(p_x_j, p_y_j, H_k) \quad \text{式(13)}$$

で表される。こうしてすべてのポリゴン点列上の点を地上座標に戻した後、数値地図の場合と同様に変換して、メッシュ交点群MP_{ik}を得る。P1_iが画像上で計測された場合も式(12)および式(13)によって同様にメッシュ交点群MP_{ik}を得る。

【0064】このような不定形窓を用いることによって、例えば図2に示すように、航空機によって得た輝度画像I1を画面に表示し、この画像上でマウス操作等で座標が既知の地物B1の輪郭に相当する閉領域（不定形窓P1_h：ポリゴン）を与える。そして、この不定形窓P1_hを地物B_uにおいて、標高H(z)を変化させる。

【0065】前述の評価関数計算ループ部7dは、すべてのH_k（k=0, 1, 2, ..., n_k）について、評価値E(H_k)を計算する。

$$V1_{kj}(x_j, y_j) = I1(FX1(x_j, y_j, H_k), FY1(x$$

長)をB、拡張ステレオモデル撮影時の対地高度の平均をH、2つの画像の1ピクセルに対応する地上解像度平均をDとすれば、dHは次の式で与えられる。

【0053】

【数4】

式(9)

【0054】

地物データB_uのそれぞれのポリゴン点列の周辺に等間隔のメッシュ点群MP_iを発生させる。メッシュは任意の地上座標に原点(o_x, o_y)を設定し、x方向およびy方向にdxおよびdyの間隔で発生させ、M(o_x, o_y, dx, dy)とする。

【0058】なお、o_xおよびo_yは任意に取ってかまわない。またdxおよびdyは、デジタル航空写真の1ピクセル～数ピクセルの地上解像度に設定する。

【0059】ここでi番目の地物F_iを表すポリゴン点列P1_iで囲まれる領域P1_{in_i}内部に存在するメッシュの交点群MP_iを次のように定義する。

【0060】

点列の時、不定形窓定義部7c（第2の不定形窓定義部ともいう）は、P1_iが画像上の計測結果の時、評価関数計算ループ部7dの中で定められる標高H_kにあわせてメッシュを作成する。

【0063】今、P1_iが画像1上で計測されたと仮定し、i番目の画像座標を(p_{xj}, p_{yj})とすると、この点が標高H_kにあったときの地上座標(X_j, Y_j)は、式(5)および式(6)を用いて、

【0066】

【数5】

$$E(H_k) = \sum_{j=1}^{n_j} E_{kj} \quad \text{式(14)}$$

40 ここで、E_{kj}は、メッシュ交点群MP_iのj番目の点(x_j, y_j)が標高H_kの高さにあると仮定した時の評価関数値である。評価値E(H_k)は、拡張ステレオモデル上の画像の画素値の一致の程度を評価し、一致が高くなる時に小さくなるものとする。

【0067】すなわち、標高H_kの高さにあるメッシュ交点群MP_iのj番目の点(x_j, y_j, H_k)が二つの画像I1およびI2の上へ、各々式(1)～式(4)により投影されるとき、その位置にある画素値V1_{kj}およびV2_{kj}を

$j, y_j, H_k)$

$V2_{kj}(x_j, y_j) = 1/2 (FX2(x_j, y_j, H_k), FY2(x_j, y_j, H_k))$

$j, y_j, H_k)$

式(15)

ここで、 $V1_{kj}(x_j, y_j)$ 、 $V2_{kj}(x_j, y_j)$ は投影したときの画素値であり、 (x_j, y_j, H_k) はHにあるときの不定形窓のポリゴン点群を示す。

【0068】上記(15)式のように表せば、画素値の差の自乗Edifの総和や、画素値の相関係数に(−1)をかけた値Ecorなどを用いることができる。

【0069】例えば、Edif_kは次の式で表される。

$$Ecor_k = - \frac{\sum_{j=1} V1_{kj} \times V2_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1} V1_{kj}^2} \times \sqrt{\sum_{j=1} V2_{kj}^2}} \quad \text{式(17)}$$

そして、地物標高決定部7eは、i番目の地物F_iの標高H_{F_i}を、評価関数E(H_k)を最小にする高さH

$$H_{Fi} = H_{kmin}$$

$$E(H_{kmin}) = \text{Min}(E(H_k)) \quad (k=0, 1, 2, \dots, n_k)$$

式(18)

次に、地物高さ計算部7fは、地形モデルがある場合は、2次元のポリゴン点列P1_iの位置の地表面高さを標高値H_{F_i}から引くことにより、地物比高H_{R_i}として出力する。また、後で信頼性の解析に用いるため、標高値H_{F_i}での評価関数値E_iも地物の属性情報として出力する。

【0072】そして、3次元地物データ出力部7eは、2次元のポリゴン点列P1_iのz座標に標高値H_{F_i}を付け加え、更に地表面比高H_{R_i}を属性データとして付け加えた3次元地物データP13D_iとして出力する。

【0073】次に、3次元地図出力部8は、すべてのP13D_iをあわせて、標高付きの3次元地図として出力する。

$$H_{Fi} = H_{min} \text{ or } H_{Fi} = H_{max}$$

この場合は、探索範囲が正しく設定されなかった可能性がある。

【0078】また、地物の滅失や変更の推定する場合は、次のような場合、地物の滅失や変更の可能性が高いと推定できる。

【0079】・地表面比高が小さい時。つまり、0に近いしきい値をT1として、

$$|H_{Ri}| \leq T1 \quad \text{式(21)}$$

また、信頼性が低くなる原因として、地物の高さ、大きさ等に変更が起こっている場合がある。

【0080】例えば、図9に示すように、A年度の撮影時においては地物の標高がHorgであっても、数年後(経年変化)に撮影した場合は、標高がHorgからHnewに変化している場合がある。

【0081】また、建物の大きさ(平面形状)も時間の

【0070】

【数6】

$$Edif_k = \sum_{j=1} (V1_{kj} - V2_{kj})^2 \quad \text{式(16)}$$

また、Ecor_kは次の式で表される。

10 【0071】

【数7】

kminとする。すなわち、

【0074】次に、標高推定の信頼性の評価について説明を補充する。

【0075】次のような場合は、標高推定の信頼性の推定方法として、次の様な例が考えられる。

【0076】・評価関数値E_iが大きい時。つまり、あるしきい値をT2として、

$$E_i \geq T2 \quad \text{式(19)}$$

T2の値の決定方法としては、評価関数値E_iの平均値より、1~2σ大きい値を設定することが合理的である。

【0077】・求めた高さH_{F_i}が探索範囲の両端になる場合。つまり、

式(20)

経過に伴って変化している場合もある(C年度撮影)。

【0082】標高の既知の地物の異動の推定の場合は、すでに標高が既知の地物の異動は次のように推定する。

【0083】地物の標高をHorgとし、標高の探索範囲を

$$Horg - dH \leq H_k \leq Horg + dH \text{ とする。}$$

【0084】経年変化がある場合は、推定した標高がHorgと大きく異なるか、評価関数値から標高推定の信頼性が低くなる。

【0085】また、旧・新の撮影時期の異なる画像を拡張ステレオモデルに構成し、標高推定を行い、標高推定の信頼性が低くなる場合に経年変化があると判定することも可能である。

【0086】また、例えば図10に示すように、地物が複雑な形状であったり、実際には一定の高さではない場

合にも対応可能である。建物について実際に航空写真測量やレーザスキャナで計測した結果と比べてみると、建物の最頻値標高に近い値を示すことが実験で確認されている。

【0087】また地物高さが0に近いときは、自動的に地物の滅失箇所候補として抽出し、修正の効率化を図ることができる。

【0088】＜実施の形態4＞次に地図の更新について図11のフローチャートを用いて説明する。本説明では予め3次元地図（旧）と、2次元地図（旧）と、新規撮影の拡張ステレオモデルとがディスクに記憶されているとする。

【0089】このような状態において、二次元地図（旧）を読み込むと共に、拡張ステレオモデルとを読み込み、上記説明のように、既知の地物の不定形窓に高さを与え、これを変化させて拡張ステレオモデルの両方の画像上の投影位置を求め、この投影位置における不定形窓で区切られた領域の輝度値をそれぞれ求めて輝度値を比較し、比較結果が最も一致するときの不定形窓の高さを拡張ステレオモデルにおける地物の高さとする拡張ステレオマッチングによる標高付与処理を行い（S1）、この3次元地図データを途中成果として記憶する（S2）。

【0090】そして、3次元地図（旧）と、この途中成果の3次元地図データと新規の拡張ステレオモデルとから変化を求める拡張ステレオマッチングによる変化抽出処理を行い（S3）、これを写真上（拡張ステレオモデル）に割り付ける前の途中成果の3次元地図として記憶する（S4）。

【0091】次に、写真上での編集処理を行う（S5）。これは、デジタル写真測量ワークステーションを用いて行うのが望ましい。

【0092】この編集処理は、ステップS4で得た途中成果の地物の3次元データを新規の拡張ステレオモデルの上にオーバーレイしてモニターに表示し、3次元データと新規に撮影した拡張ステレオモデルとを比較することによってオペレータがマニュアルで編集を行う。ここでは拡張ステレオモデルとしては新規に撮影した一般的なステレオ画像を用いてもよいが、旧2次元地図を作成したときの画像と新規に撮影した画像とから構成されるステレオモデルを使用してもよい。

【0093】そして、この編集処理で得られた3次元データに旧の3次元データを更新する処理を行う（S

6）。

【0094】つまり、この一連の処理によって、標高を持たない数値地図データを容易に3次元データ化がなされ、かつ既存の地図の更新ができることになる。

【0095】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、2次元地図を効率的に3次元地図化することができる。特に航空写真を新しくとる必要がない場合は、コンピュータグラフィックスや都市3次元シミュレーションなどの用途に用いての都市3次元モデルを既存地図から廉価に作成することが可能となる。

【0096】また、数値地図を3次元化することにより、2次元地図の経年変化修正業務において、新規の撮影した地図をステレオ航空写真上に重ねることができ、修正が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態1の不定形窓を用いた拡張イメージング方法の概略構成図である。

【図2】実施の形態2の不定形窓を用いた拡張イメージング方法の概略構成図である。

【図3】不定形窓の高さ方向の変更を説明する説明図である。

【図4】実施の形態3の比高を説明する説明図である。

【図5】各実施の形態の具体的な構成図である。

【図6】標高探索部の構成図である。

【図7】エリアセンサの幾何学的特性を説明する説明図である。

【図8】地物データのメッシュ化の説明図である。

【図9】撮影時期の異なるときの地物データの変化を説明する説明図である。

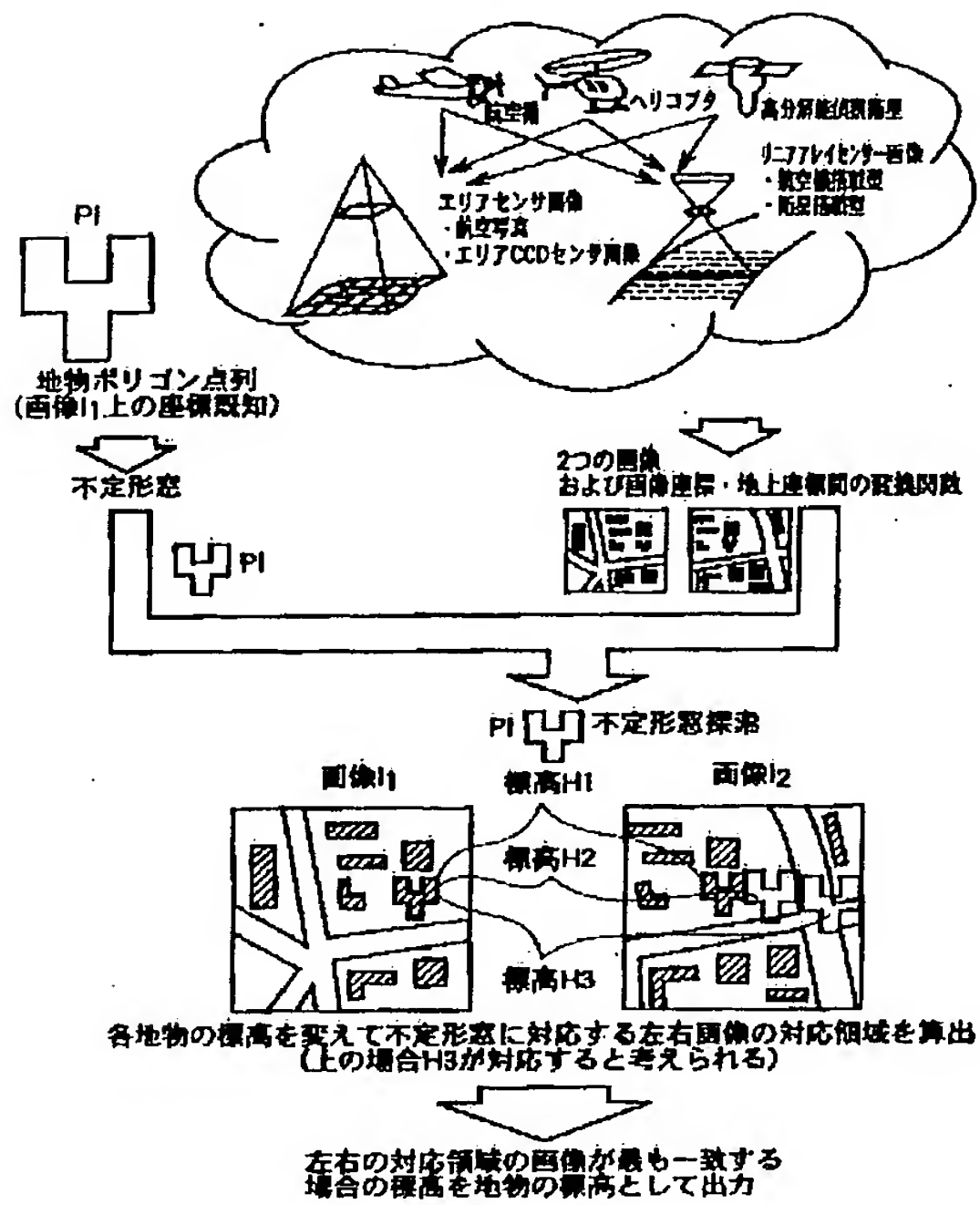
【図10】複雑な形状の建物の標高の求め方を説明する説明図である。

【図11】実施の形態3の地図の更新を説明するフローチャートである。

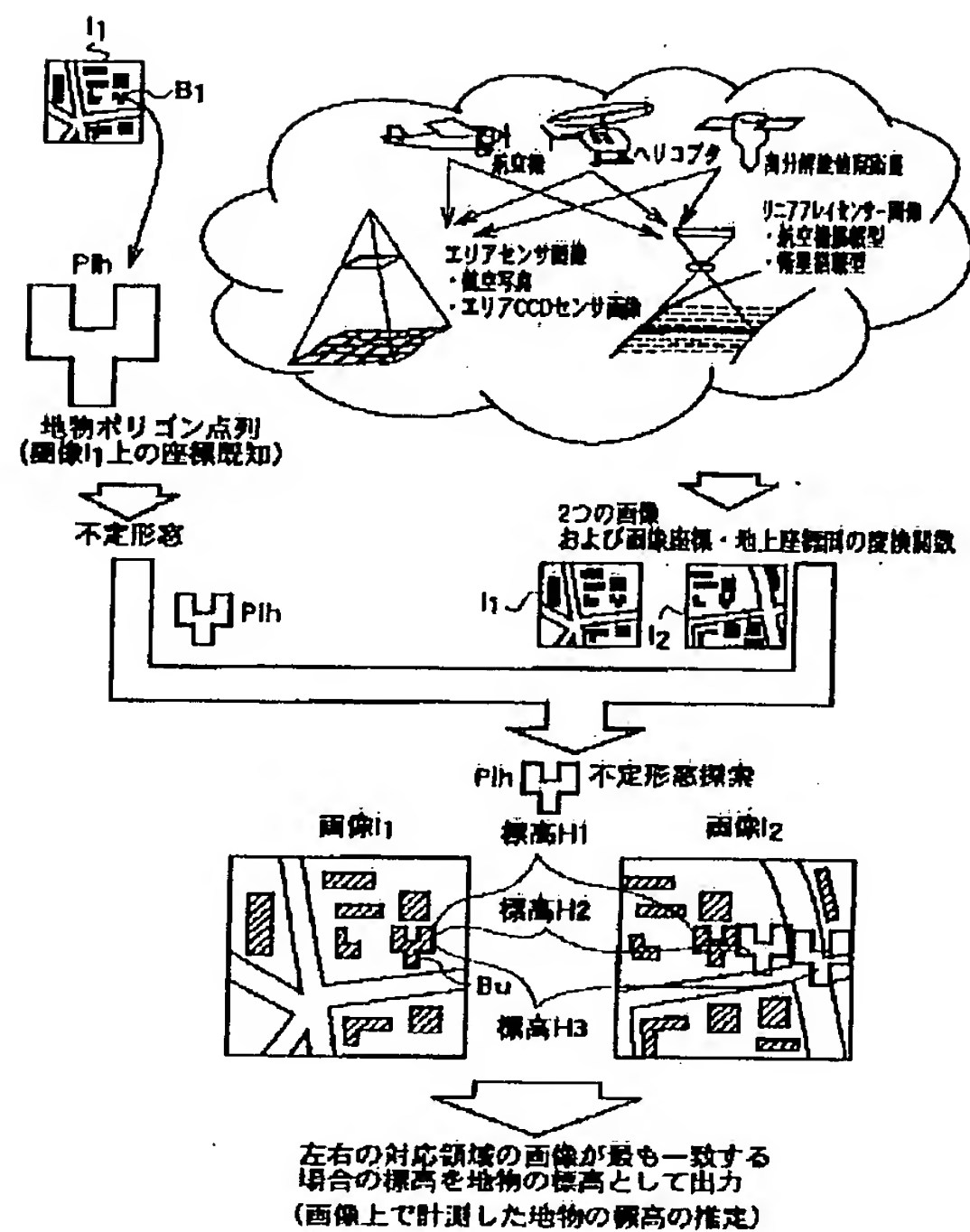
【符号の説明】

- 1 デジタル画像入力部
- 2 ハードディスク
- 3 標定要素算出部
- 4 数値地図入力部
- 5 処理対象地物データ抽出部
- 6 画像上地物計測部
- 7 標高探索部

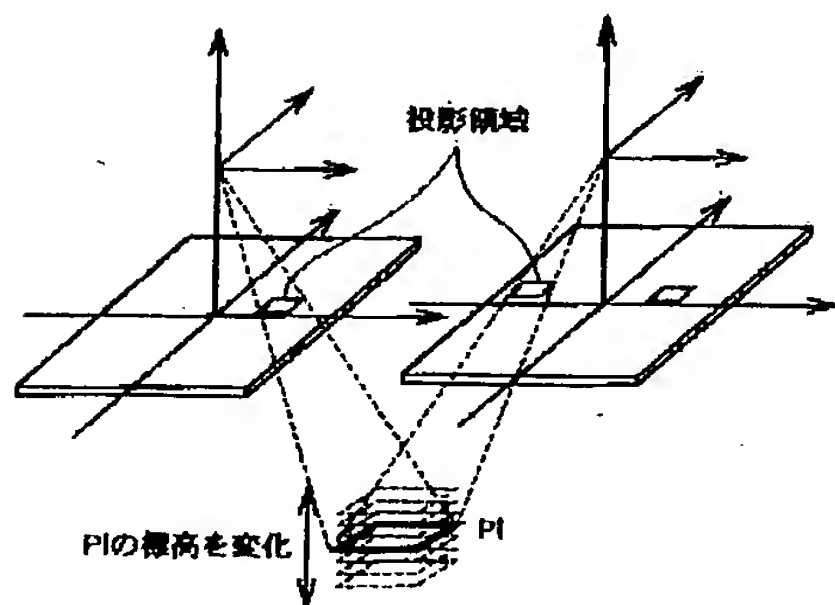
【図1】



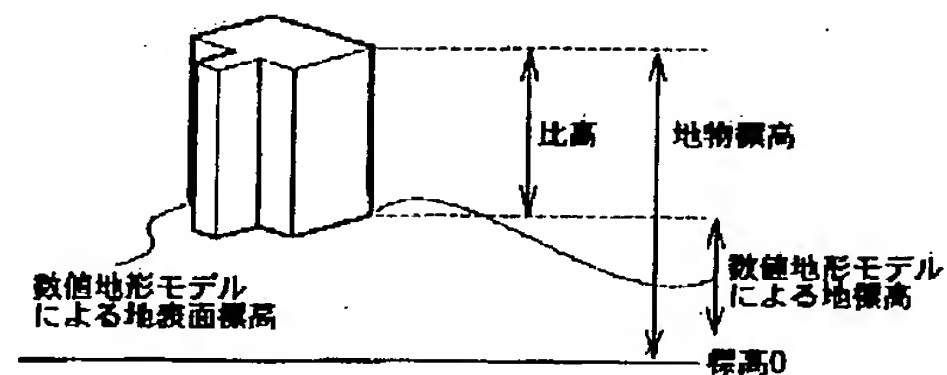
【図2】



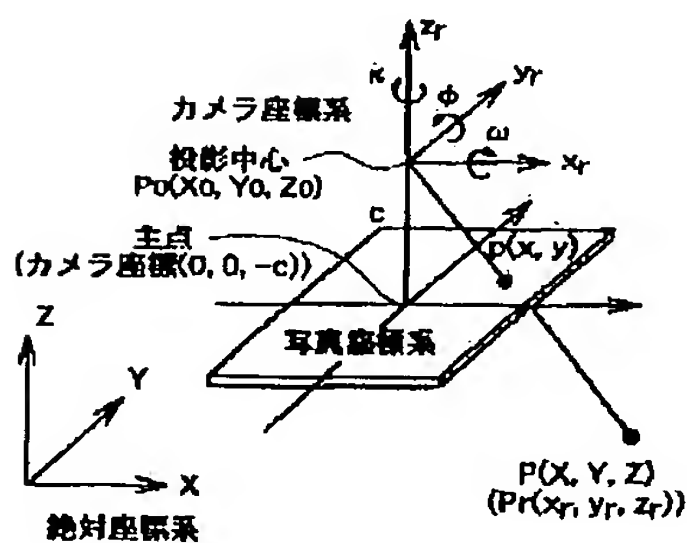
【図3】



【図4】

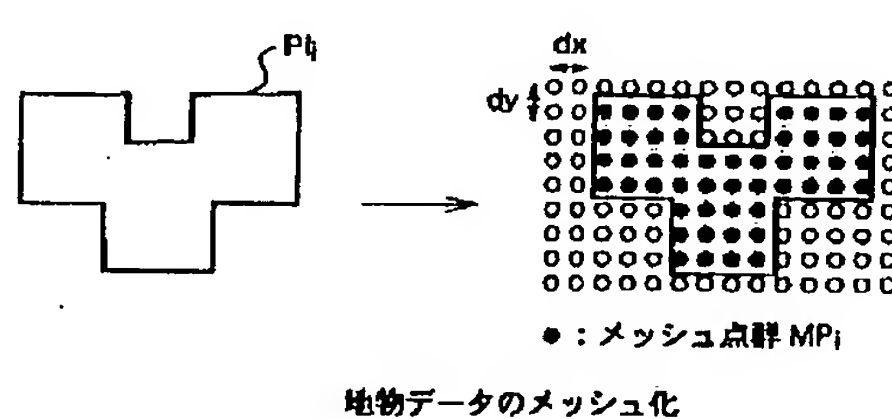


【図7】



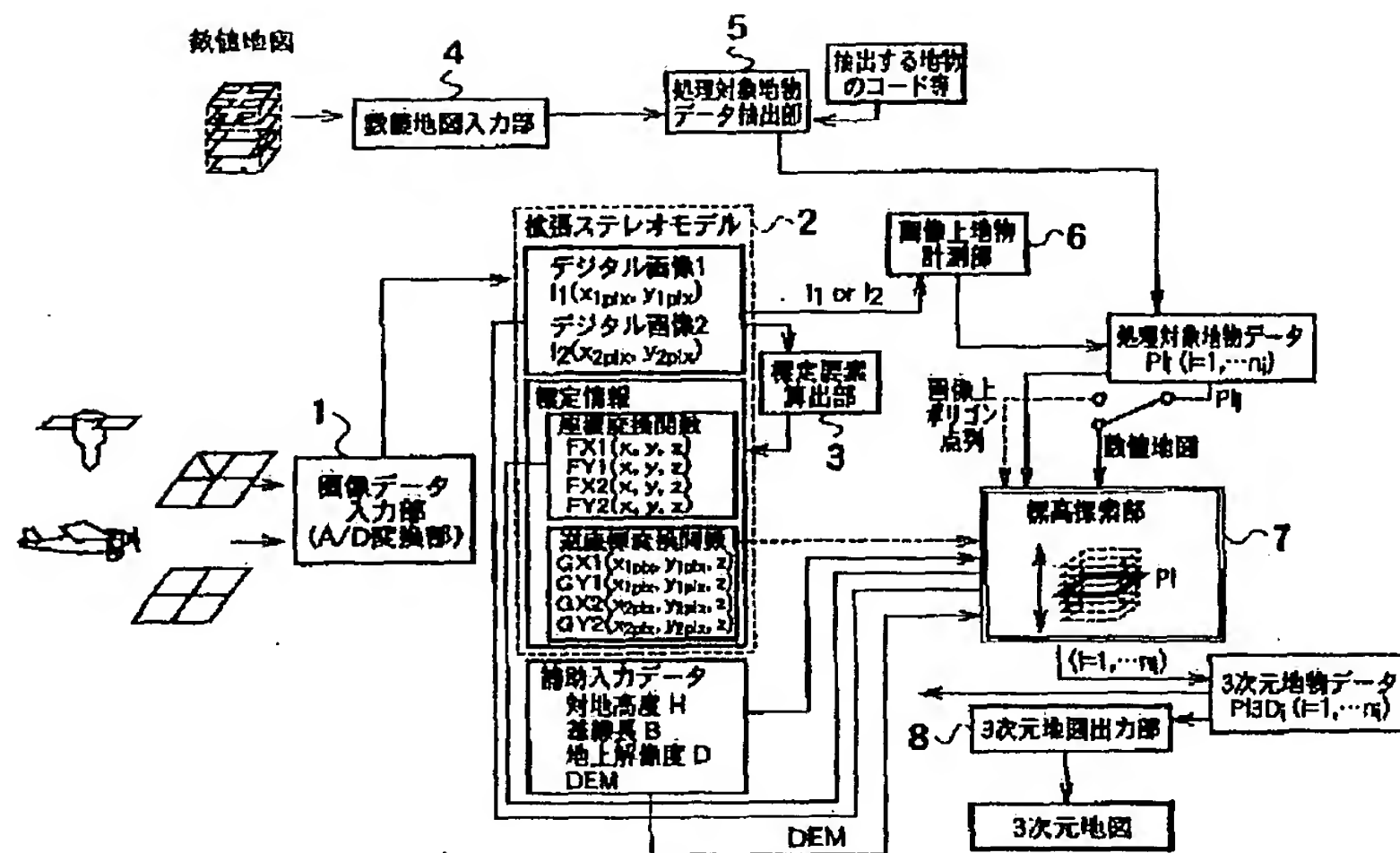
エリアセンサの幾何学的特性

【図8】

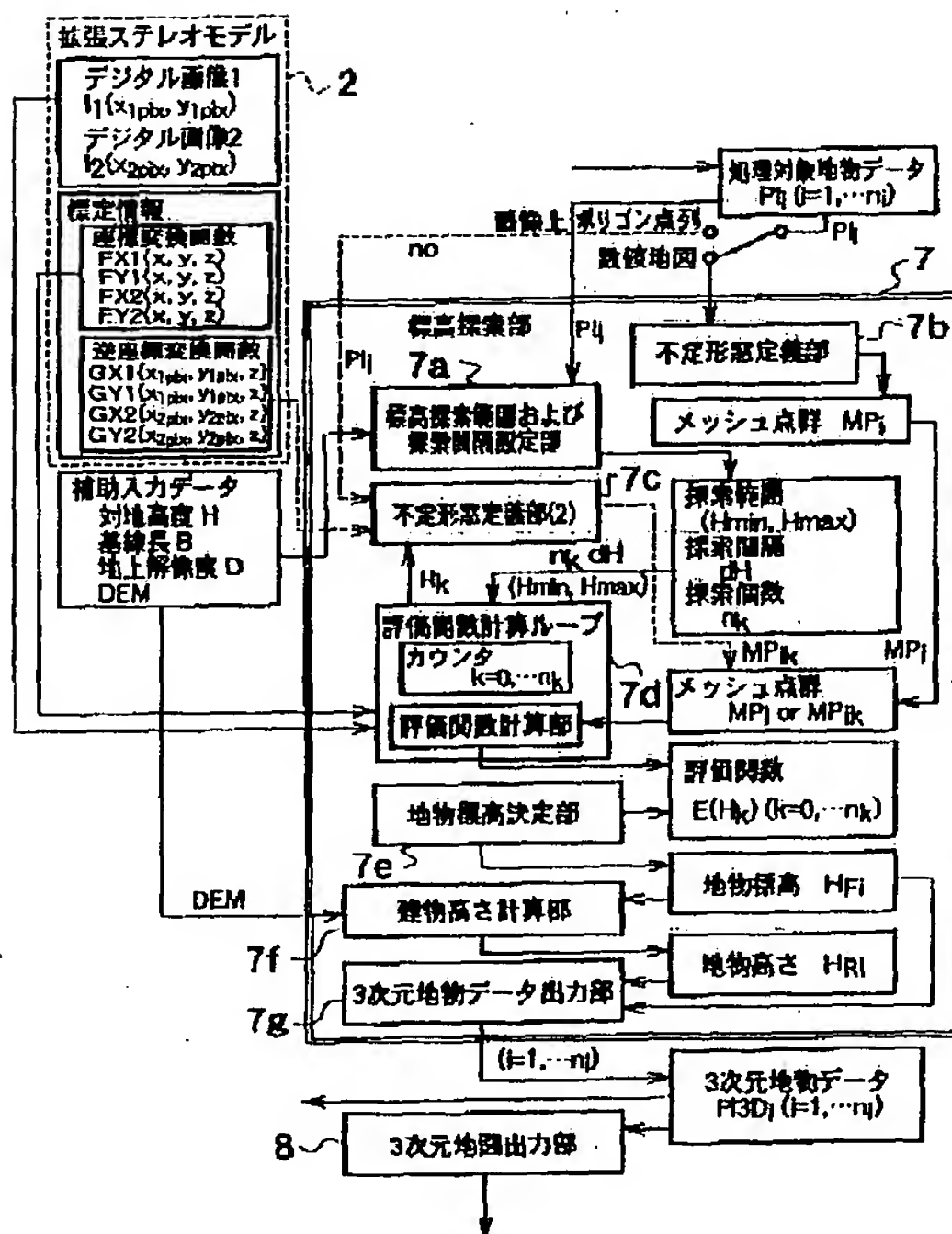


地物データのメッシュ化

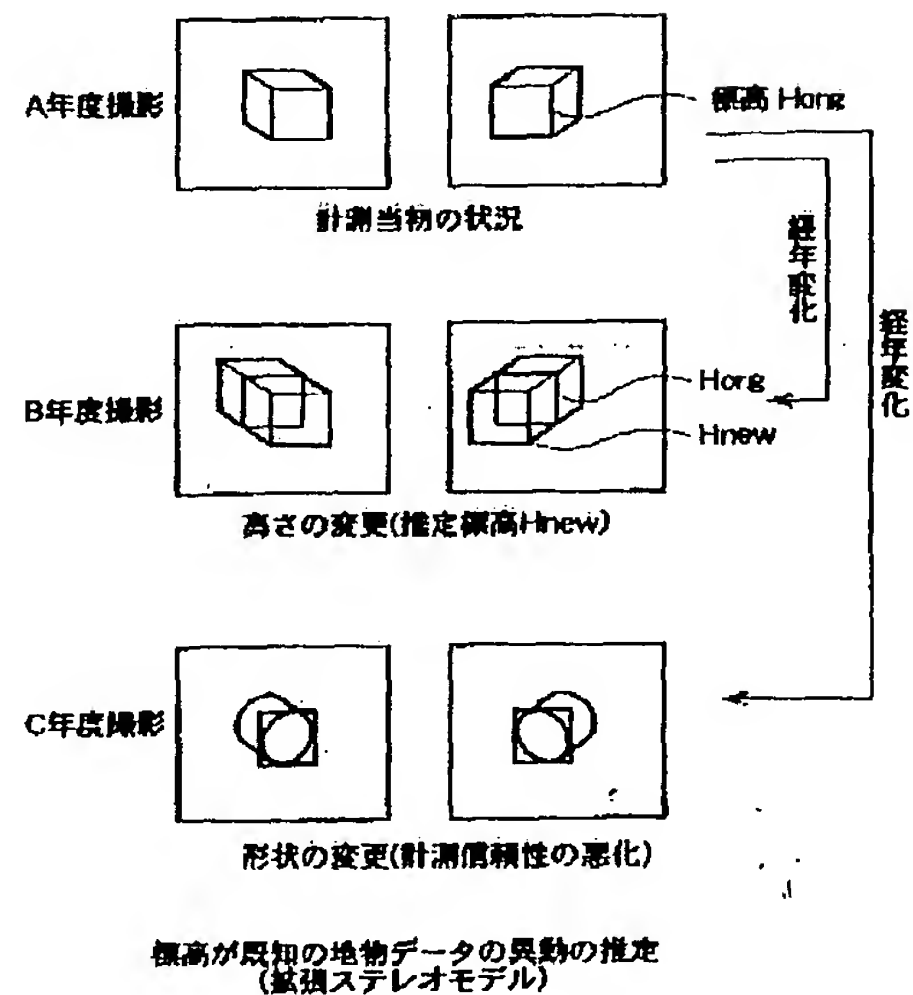
【図5】



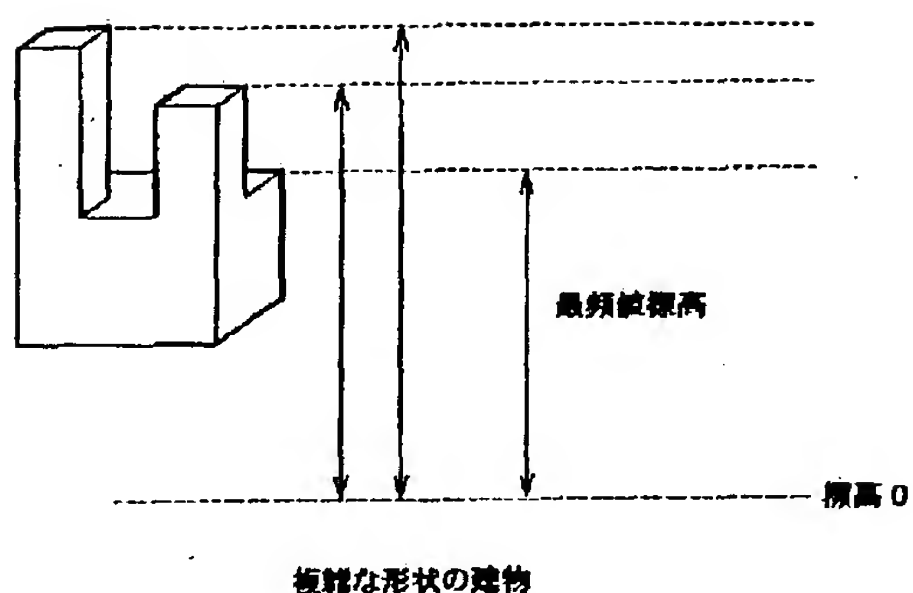
【図6】



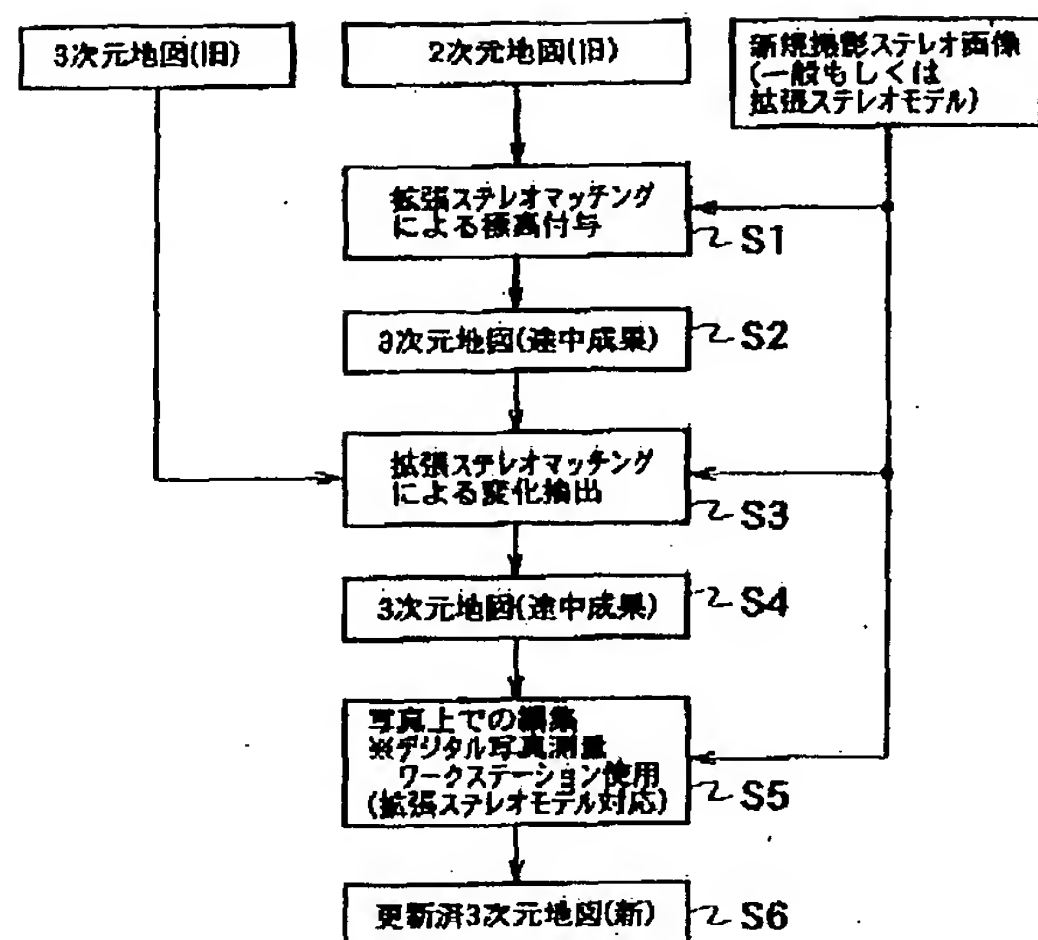
【図9】



【図 10】



【図 11】



※少なくとも次の機能を有する

- ・ステレオ画像と3次元地図の重ね合わせ
- ・ステレオ画像上での地図の3次元編集
- ・ステレオ画像が拡張ステレオの場合は拡張ステレオ画像のステレオ表示

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 0 9 B 29/00

識別記号

F I

G 0 9 B 29/00

テーマコード(参考)

Z

(72) 発明者 内田 修

東京都新宿区新宿 4-2-18 新宿光風ビル
アジア航測株式会社内

(72) 発明者 坂元 光輝

東京都新宿区新宿 4-2-18 新宿光風ビル
アジア航測株式会社内

(72) 発明者 柴崎 亮介

東京都江東区猿江 1丁目 5-3-408

F ターム(参考) 2C032 HA02

5B050 BA02 BA07 BA17 DA02 DA04
DA05 DA10 EA07 EA18 EA19
EA27 EA28 FA13

5B057 AA13 AA14 CA08 CA12 CA13
CA16 CA18 CB08 CB13 CB18
CD01 CD14 CE11

5L096 AA09 BA18 CA04 EA17 FA34
FA69 GA41 JA05 JA09